

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

SISTEMA DE ELEVAÇÃO DO PASSADIÇO PARA EMPURRADORES

Ana Carolina Monteiro Paiva, anacamp21@yahoo.com.br¹
Bruno Nascimento Cuimar, brunocuimar@hotmail.com²
Greyson Williams Moraes Porto, greysonporto@hotmail.com³

^{1,2,3}Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Avenida Gov. José Malcher, 1148 – Nazaré, CEP 66055-260, Belém, PA, Brasil.

Resumo: O transporte fluvial de diversas mercadorias vem ganhando espaço em nossa região amazônica e até mesmo nacional. O Brasil apresenta um grande número de hidrovias, que por muitas vezes não podem ser exploradas a pleno, pois, pontes acabam sendo um obstáculo para as embarcações maiores. Uma maneira de contornar o problema é o uso de um sistema de elevação do comando, ou seja, do passadiço, onde o mesmo abaixaria para passar sob pontes e este artigo vem falando da grandeza que é esse projeto. Determinando uma metodologia para a estipulação do carregamento, realizando assim a análise estrutural dos elementos que compõem o sistema regido por normas. Neste estudo vamos dá ênfase ao grau de eficiência do processo.

Palavras-chave: elevação do passadiço, mecanismo hidráulico, navegação amazônica.

1. INTRODUÇÃO

O Transporte por água é utilizada pelo homem desde a antiguidade. Inicialmente como ferramenta de transporte de pessoas, posteriormente transportando diversos produtos e passageiros. Hoje as embarcações modernas chegam a transportar mais de 5000 toneladas por rios e lagos, quando em comboios levam até 40.000 toneladas de produtos. A principal diferença desse modelo de transporte é a eficiência energética e redução nos custos onde se pode chegar a 40% em trechos relativamente curtos (355 Km) quando são comparados aos transportes rodoviário (Saraiva & maehler 2013).

O Brasil é um país de dimensões continentais bem consideradas, onde tem costa marítima com mais de 8000 km e uma malha fluvial de mais de 25000 km (Oliveira, 2013). Seja no escoamento de grão pelos nossos rios amazônicos, seja no transporte de etanol no interior paulista ou até então na retirada de produtos da zona franca de Manaus para outras partes do País, a navegação se mostra grande ferramenta no desenvolvimento de qualquer economia.

Diante de alguns obstáculos que nossos rios apresentam em si tornar navegável, como pontes sendo o principal enfoque da questão, vêm à necessidade de se fazer um estudo e propor alternativas viáveis para a questão da variação de altura de pontes de comando de embarcações conhecido como passadiço móvel. Esta necessidade decorre da exigência de ter visibilidade versus passar sob os vãos das pontes. Embora as pontes que foram construídas muito depois dos rios, cada uma, acabam sendo um terrível empecilho para a passagem de embarcações de diferentes aspectos.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO – A EFICIÊNCIA DO PROCESSO

Ao considerar o sistema hidroviário em nossa região amazônica podem-se definir distintamente dois modelos de embarcação: autopropulsadas e comboios (empurrador + balsas). O primeiro tradicionalmente utilizado aqui possui algumas vantagens como flexibilidade de dinâmica operacional e melhor rendimento hidrodinâmico onde uma seria de desvantagem econômica como custo de produção mais elevado.

Interessa comentar é que os sistemas combinados atualmente em uma nova fase de implantação na navegação nos rios e lagos amazônico possuem vantagens que podem levar o modelo de transporte hidroviário para o patamar mais elevado na participação da matriz de transporte. Esta é uma oposta que o grupo Hermasa também acreditou ao decidir

contratar construção de um novo projeto para os seus empurradores em seguida para navegar em comboio. Esta empresa fará no transporte intenso em grãos em toda região onde o fluxo da malha hidroviária será intenso para tal objetivando muitas vantagens dentre elas como o tempo que será reduzido consideravelmente e consequentemente o lucro aumentando.

Nesse contexto a mudança de paradigma proporcionada com o uso dos comboios requer uma solução para o problema da passagem de pontes e eclusas já que os próximos empurradores navegarão por toda região, não se restringindo apenas ao trecho com ponte com vão móvel. Por um lado, soluções com empurradores com passadiços baixos permitirá a passagem em diversas pontes, porém reduzindo significativamente a carga possível na barça, já que há regras de ângulo de visão que devem ser obedecidas.

3. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste artigo é explicar o comportamento das embarcações, que obtém grandes dificuldades em realizar transporte de cargas com mais de 5000 toneladas por rios e lagos, quando em comboios levam até 40.000 toneladas de produtos. E para reduzir as máximas desvantagens encontradas no sistema hidroviário em nossa região amazônica, como pontes e obstáculos encontrados, à criação de um sistema de elevação do passadiço, ao elevar e baixar o convés do passadiço durante a navegação para uma melhor visualização.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Comboios

Comboio em navegação significa uma ou conjunto de barças conectadas a um empurrador. São amplamente utilizados em todo o mundo em navegação de cabotagem e navegação interior. Transportam madeiras da Bahia ao Espírito Santo, alumínio na região de grande lagos na região do Canadá e bobinas de aço entre Genova e Toronto na Itália (Aragão, M.M (2009). **Caracterização e Dimensionamento de um Sistema de Cabotagem Industrial**. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo). Esses modelos de embarcação são usados onde as condições de navegação são brandas, pois devido ao acoplamento o sistema é mais frágil e estável requerendo mais resistência para navegar em situações mais severas como encontrada em mar aberto. O sistema permite que o empurrador trabalhe com duas ou mais barças ao mesmo tempo e não perca tempo carregando e descarregando. Desta forma nem o empurrador nem a tripulação ficam ociosos.

4.2. Passadiço

Passadiço ou ponte de comando é o lugar do qual a embarcação é governada. Esse recinto deve ser provido essencialmente da chamada estação de trabalho para navegação e manobra que é o comando propriamente dito.

Uma série de itens faz do passadiço o cérebro da embarcação. Sistema para alterar o regime do propulsor, sistema para governar a embarcação em modo automático, manual ou de emergência, telefone automático ou de bobina para comunicação interna, radio VHF para comunicação externa e instrumento de navegação como agulha magnética são alguns desses itens (Marinha do Brasil – Diretoria de Portos e Costas: “**Normas da autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior** – Norman – 02”. 1988.).

4.3. Visão do Passadiço

A determinação do campo de visão do passadiço de uma embarcação destinada à navegação interior no Brasil deve inicialmente seguir as recomendações das normas de autoridade marítima para embarcações destinadas à navegação interior (Marinha do Brasil – Diretoria de Portos e Costas: “**Normas da autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior** – Norman – 02”. 1988.). Uma das exigências que a regra solicita é esta: **A visão da superfície do mar na proa à embarcação, observada do passadiço não deve ser obstruída além de uma distância correspondente a mais do que (2) dois comprimentos da embarcação, ou 500 m, o que for menor em um arco de 10 graus da linha de centro de cada bordo, independente do calado da embarcação, do trim ou da carga no convés.**

A partir das recomendações foi possível determinar a cota do passadiço para o modelo de empurrador e barça que está sendo implementado em nossa região. Um estudo realizado revela que para o comboio em construção pela navegação a cota do piso do passadiço é definida em 13,4 m em relação à linha de base. Se ele estiver em situação de calado no máximo (máxima carga), a altura do passadiço em relação à linha d'água é de 10,4m.

Com essa inovação apareceram os problemas, como por exemplo:

- Quanto maior o comboio maior será o campo de visibilidade, ou seja, mais alto será o passadiço e navegando em rios estreitos a dificuldade seria grande em se manobrar os comboios.
- Com relação à Distância (visão dos obstáculos) x Velocidade (o passadiço voltar ao estado inicial), quais as medidas a serem tomadas, tendo em vista que irá passar embaixo de uma ponte após uma manobra.

Tabela 1. Veja algumas vantagens e desvantagens em adotar esse sistema..

Vantagens	Desvantagens
Não existem limites em se navegar em rios que existem pontes.	Elevado custo para a implantação do sistema.
Flexibilidade de dinâmica operacional e um melhor rendimento Hidrodinâmico.	Cuidado maior em acompanhar de perto o estado e condições do sistema.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do processo inicia-se diante de análise realizada anteriormente, onde encontramos à necessidade de se ter um plano ou um projeto seguro, principalmente para evitar acidentes em qualquer esfera naval. Diante desta inovação vimos à necessidade de se fazer um estudo detalhado especificamente no cilindro hidráulico que faz o passadiço elevar ou abaixar conforme a necessidade, no entanto nos nossos rios e lagos amazônicos, este sistema estará em grandes atividades, diferentes já construídos e que navegam em grandes mares onde o devido funcionamento do mesmo, praticamente Zero (0). Para isso observaremos deste modo:

Observaremos se a velocidade do funcionamento do cilindro hidráulico, como evidencia na **figura 01 e 02**, adquirido para desenvolver o sistema de elevar e abaixar o passadiço, estarão aptas para corresponder expectativas posteriores e abrange os obstáculos que estão por vir em meio a navegação. Ex: A distância da ponte diante da embarcação, o cilindro vai conseguir abaixar a tempo.

$$V_m = \Delta S / \Delta T.$$

Onde:

V_m – velocidade percorrida pela embarcação.

ΔS – o espaço que a embarcação tem para percorrer.

ΔT – tempo gasto pela embarcação, onde com a melhoria do sistema, melhoráramos assim este tempo de trajeto.

Em que V_m está relacionado à velocidade média da embarcação. ΔS é a diferença, variação da distância percorrida. ΔT corresponde à diferença do tempo percorrido da embarcação o um determinado local.



Figura 1. Imagens cedidas pelo CESP. “Hidrovia Tietê-Paraná: Relatório de Movimentação de Cargas e Passageiros / 2011”, São Paulo, 2012.



Figura 2 Incidente ocorrido e registrado pela SARAIVA, P.L.O, MAEHLER, A.E. Transporte hidroviário: estudo de vantagens e desvantagens em relação aos outros modais de transporte no Sul do Brasil. Anais SIMPOI, 2013. Disponível: http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2013/artigos/e2013_t00018_pcn94902.pdf

Efetuar manobras em rios estreitos, como tem bastante em nossa região, caso pegue de surpresa, dará tempo de abaixar o passadiço evitando assim um acidente grave. **Ver figura 03.**



Figura 3 SILVEIRA, Zenaide Maria da. Rotas Utilizadas para o escoamento da Soja Produzida no Estado do Mato Grosso. Monografia. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 68 p, 2008.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante de alguns obstáculos que nossos rios apresentam em si tornar navegável, como pontes sendo o principal enfoque da questão, vêm à necessidade de se fazer um estudo e propor alternativas viáveis para a questão da variação de altura de pontes de comando de embarcações conhecido como passadiço móvel. Esta necessidade decorre da exigência de ter visibilidade versus passar sob os vãos das pontes. Embora as pontes que foram construídas muito depois dos rios, cada uma, acabam sendo um terrível empecilho para a passagem de embarcações de diferentes aspectos. Sendo assim a necessidade em se obter um projeto audacioso para melhoria dos transportes hidroviários existentes em todo nosso País.

Onde trará para nosso mercado, inovações nas suas novas embarcações construídas no futuro, trazendo para o transporte hidroviário maior conforto e acima de tudo uma maior agilidade na sua navegação e segurança.

O mecanismo deve elevar uma massa de aproximadamente 20.000Kg, a uma velocidade média de 0,1m/s com isso obtemos informações seguras e o tempo de manobras fica em torno de 32,5 s. **Ver Fig: 07 (Esquema de montagens).**

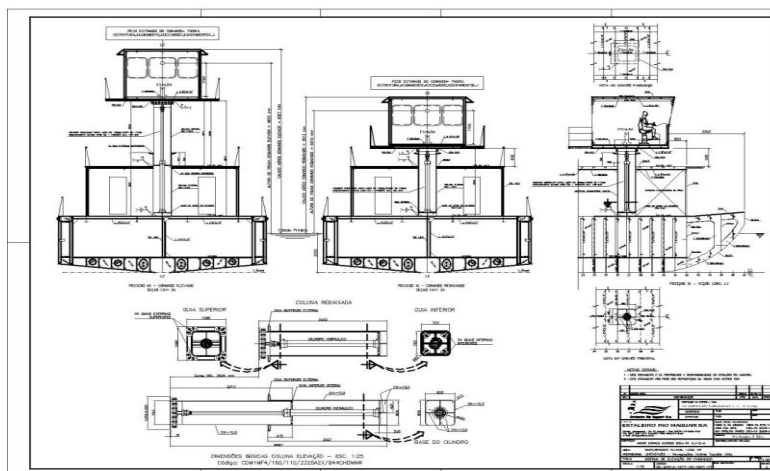


Figura 07. Esquema de montagem da elevação do passadiço - Estaleiro Rio Maguari – Belém – Pará – Brasil (2015).

Dentre outros fatores que podem interferir no desenvolvimento do sistema de elevação são os seguintes:

- **O vento.**

O carregamento devido ao vento é obtido pela equação $F_d = C_a A^{1/2} V^2 P$ extraídos do livro Fox & McDolnad, 2001.

São considerados força de arrasto, coeficiente de arrasto, Área transversal de incidência de escoamento, velocidade do vento e massa específica do ar, respectivamente. Analisando os dados observa-se que em nossa região a velocidade do vento é aproximadamente 14m/s (fontes meteorológicas da Universidade Federal do Pará – Ufpa – Belém – Pará Brasil (2015)) E por precaução adotamos 20m/s, velocidade de arrasto 1,5 (Fox. Tab.9.1) no entanto chegamos a uma força de arrasto de 3840N.

- **As Ondas.**

O balanço é o movimento sobre o qual a embarcação impõe menos resistência, devido a considerações geométricas (Eng. Naval Kamila frias, 2015). Logo, incidindo no costado da embarcação são as que mais exigirão do mecanismo, dinamicamente falando, produzirão maiores acelerações do conjunto. Pela teoria de Airy pode-se considerar que a propagação de uma onda gera, sobre a superfície da água, uma senóide, ou seja, uma propagação de mais de uma onda, visto que a propagação de uma única onda geraria um pico e propagação de ondas consecutivas geraria picos e vales. A senóide então representa a ondulação, que no caso pode ser admitida em nossos rios amazônicos, onde causaria uma senóide de amplitude de 1 metro e período de 4,8 s (Eng. Naval Thais silva, 2015).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo se realizou um estudo de melhoria na navegação de transportes hidroviários em nosso País, onde o estudo preliminar de um sistema de elevação do passadiço para um empurrador que irar navegar nos rios da bacia amazônica. Diferentes alternativas foram estudadas e os principais tipos de análises necessários para o dimensionamento das diferentes partes que sustentam o sistema foram estudados. Conforme o objetivo principal apresentado, chegamos a uma determinada conclusão.

O dimensionamento estrutural de equipamentos que trabalham em embarcações implica em levar em conta parâmetros que não são comuns para um engenheiro mecânico. Entre eles a nomenclatura, que estudado afincio na Engenharia naval onde o presente artigo me permitiu a ter vários contatos e familiarizando com a área naval. Obtiveram-se bons resultados a partir de pesquisas e análise feitas no presente trabalho, valores para nortear o desenvolvimento do projeto bem como as linhas do convés do passadiço, sem dúvidas podendo realizar elevação da cabine do operador em dois metros e meio de altura facilitando a sua visão no que diz respeito a obstáculos e baixar o mesmo, quando se observar pontes próximo ao seu trajeto.

Com isso podemos realizar estudos com resultados mais plausíveis, entre eles realizar uma análise estrutural da cabine, análise detalhada dos mancais dos roletes, uma análise dinâmica do mecanismo envolvendo fadiga e outros

mais. Outro ponto interessante a ser comentado são os vários modelos de vento e ondas dependendo do local de navegação, podem influenciar bastante na eficiência do mecanismo.

Também se pode concluir desse projeto argumentado anteriormente que realizar análise estrutural sobre mecanismo e sistemas dinâmicos é uma área interessante da engenharia onde além do conhecimento técnico a criatividade é bastante exigida.

8. REFERÊNCIAS

Çengel, Yunus A. **Fluid mechanics : fundamentals and applications** / Yunus A. Çengel, John M. Cimbala.—1st ed. p. cm.—(McGraw-Hill series in mechanical engineering) ISBN 0-07-247236-7 1. Fluid dynamics. I. Cimbala, John M. II. Title. III. Series. TA357.C43 2006.

Thornton, J R. Ship and Boat Building and Repair. **Encyclopedia of Occupational Health and Safety**. 2011. Marinha do Brasil. **PROSPECÇÃO, PERFURAÇÃO, PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO (PLATAFORMAS, NAVIOS SONDA, FPSO E FSO)**. Diretoria de Portos e Costas. [Online] 2014. [Citado em: 15 de junho de 2014.]
https://www.dpc.mar.mil.br/sta/depto_traquav/nav_ajb/0218_prospeccao_navios_sond_a_fpso_fso.pdf.

YOUNG, F. R., **Cavitation**. McGraw-Hill Book Company, London, 1989.

FOX, R. W., MacDonald, A. T., **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 5ª edição, Livros Técnicos e Científicos – LTC, 2001, pp. 322-355.

CUDINA, M., Detection of Cavitation Phenomenon in a **Centrifugal Pump using Audible Sound**. **Mechanical Systems and Signal Processing**, 2003, pp. 1335-1347.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, **Plano de Aceleração de Crescimento 2 (PAC 2)**. Disponível em: . Acesso em 05 Setembro 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO - ANTAQ. **Estatísticas de Navegação Interior 2011**, p. 29.

9. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

FOOTBRIGDE LIFTS SYSTEM PUSHERS – PROCESS EFFICIENCY

Ana Carolina Monteiro Paiva, anacamp21@yahoo.com.br¹

Bruno Nascimento Cuimar, brunocuimar@hotmail.com²

Greyson Williams Moraes Porto, greysonporto@hotmail.com³

^{1,2,3} Amazon Institute for Higher Studies, Avenue Gov. José Malcher, 1148 – Nazaré, code 66055-260, Belém, PA, Brasil.

Abstract. River transport of various goods has been gaining ground in our Amazon and even national region. Brazil has a large number of waterways, which often can not be exploited in full, therefore, bridges end up being an obstacle for larger vessels. One way around the problem is to use a command lift system, i.e. the bridge, where it would go down to pass under bridges and this article is talking about the greatness that is this project. Determining a methodology for stipulation loading, thus creating a structural analysis of the components of the system governed by rules. In this study we emphasize the degree of process efficiency.

Keywords: Raising the bridge, Mechanism and Amazon navigation.